

УДК 621.992.7

Добрянський С.С., к.т.н., доц.

НТУУ «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

## ВИГОТОВЛЕННЯ ВНУТРІШНІХ РІЗЬБ ЗА ДОПОМОГОЮ ВИДАВЛЮЮЧИХ МІТЧИКІВ

Dobrianskyi S.

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

### MANUFACTURING OF INTERNAL THREADS BY SQUEEZING TAPS

Наведені результати досліджень процесів виготовлення внутрішніх різьб діаметрами до 30 мм за допомогою видавлюючих мітчиків, указані оброблювані матеріали, особливості формоутворення профілю різьби, достоїнства та недоліки процесу, наведена нова формула для визначення діаметра отвору під видавлювання різьби, наведені основні параметри для проектування мітчиків, формули для визначення довжини ліній контакту, площ перерізів та об'ємів видавлюваного матеріалу, отримані залежності для визначення точності отворів під видавлювання різьб, розроблені необхідні рекомендації. Рис. 8, табл. 1.

Ключові слова: внутрішня різьба, видавлюючий мітчик, забірний конус, діаметр, крок, довжина, площа, об'єм.

#### Вступ

Різьби широко застосовують для з'єднання деталей та вузлів машин. Зовнішні різьби виготовляють різанням та накатуванням. Внутрішні різьби, в основному, виготовляють методом знімання стружки (нарізуванням) і рідше методом пластичної деформації (розкатуванням або видавлюванням).

Розкатування внутрішніх різьб з тертям кочення в зоні деформації має ряд переваг перед видавлюванням з тертям ковзання, але його можна застосовувати тільки для різьб діаметром не меншим 30-50 мм. Проте найчастіше застосовують внутрішні різьби діаметром до 30 мм. Такі різьби переважно виготовляють за допомогою звичайних мітчиків. Нарізування різьб мітчиками відрізняється широкою універсальністю, достатньою точністю та продуктивністю. Воно незамінне при виготовленні різьб у матеріалах зі зниженою пластичністю та високою твердістю. Але нарізування різьб мітчиками викликає певні труднощі при обробці м'яких високопластичних матеріалів внаслідок поганого видалення стружки з отвору, налипання металу, розбивання різьб, заклинювання та поломки мітчиків. Переріз таких мітчиків ослаблений стружковідвідними канавками, що іноді приводить до нарізування різьб комплектом з 2-3-х мітчиків та частої поломки мітчиків невеликих діаметрів 3-8 мм. Стійкість таких мітчиків невисока.

Видавлюючі мітчики конструктивно подібні до звичайних, але вони не мають стружковідвідних канавок. Іноді вони мають невеликі канавки для попадання мастильно-охолодної рідини (МОР) в зону деформації та виходу повітря з глухих отворів. В перерізі вони мають форму багатогранника (найчастіше з 3-4-ма або 6-ма гранями) з різною формою поперечних перерізів. Форма забірної конуса залежить від прийнятої схеми видавлювання металу [1, 2].

Видавлюючі мітчики застосовують для виготовлення різьб у високопластичних сплавах (сталь - 10, 15, 20, 12X18N10T; м'яка мідь – М1, М2; м'яка латунь Л96, Л60; алюмінієві сплави – Д1, Д16, АК6, АК8; деякі магнієві, цинкові та титанові сплави) з  $\delta \geq 10-15\%$ ,  $\sigma_b \leq 500 \text{ Н/мм}^2$ , твердістю  $HB \leq 150$  та кроком  $P \leq 2 \text{ мм}$ . Відомі випадки видавлювання якісних різьб М3-М12 в корпусних деталях з АЛ2 та АЛ4 [3], різьб з кроком 5 мм [2] та в матеріалах з  $HB \leq 300$ .

В процесі обробки холодною пластичною деформацією змінюються фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу. При холодному видавлюванні різьби усі механічні властивості підвищуються а пластичність знижується. Інтенсивність зростання опору деформації є результатом підвищення твердості та збільшення товщини наклепаного шару, яка може доходити до 0,5 мм для крупних різьб. В результаті багаторазової деформації, яка залежить від кількості деформуючих зубів, міцність матеріалу може підвищуватись у 2-3 рази, границя текучості до 5 разів, мікротвердість бокових сторін витків на 25-35% а міцність втомлення в 1,5-2 рази. Стійкість видавлюючих мітчиків з сталей Р6М5, Р6М3, Р18 при виготовленні різьб у кольорових сплавах у 3-4 рази перевищує стійкість різальних мітчиків, а видавлюючих мітчиків з твердого сплаву ВК15М – у 20-25 разів. Проте зі зростанням кроку різьби стійкість різальних мітчиків з швидкорізальних сталей зростає, а видавлюючих знижується і для різьб М12 їх стійкість приблизно однакова [3]. Видавлюючі мітчики, на відміну від різальних, після зносу не переточують.

Найбільш повно процеси видавлювання внутрішніх різьб розглянуті в [1, 2]. Разом з тим виникає ряд запитань, що стосуються діаметрів і точності отворів під різьбу, необхідної кількості деформуючих зубів, товщини і площі перерізу шару металу, який видавлюється кожним та усіма зубами тощо, які потребують додаткових досліджень та уточнення.

### Мета

Мета роботи – аналіз процесів видавлювання внутрішніх різьб мітчиками, визначення діаметрів і точності отворів під видавлювання різьб, визначення довжини ліній контакту зубів мітчика з заготовкою, площі перерізів та об'ємів видавлюваного матеріалу, розробка рекомендацій щодо конструювання видавлюючих мітчиків.

### Дослідження

У роботі розглядаються процеси видавлювання внутрішніх метричних різьб М3-М30 (з профілем за ГОСТ 9150-81); крупні за ГОСТ 8724-81; 4-, 6-го та 8-го ступеня точності з допусками на  $D_1$  та  $D_2$  за ГОСТ 1693-81.

Найважливішим елементом видавлюючого мітчика є забірний конус довжиною  $l_z$ . Застосовують форми забірного конуса з повнопрофільною конічною різьбою, з циліндричною різьбою, зрізаною на конус по зовнішньому діаметру, з криволінійною утворюючою, з конічною різьбою та різною висотою зубів.

Найчастіше застосовують видавлюючі мітчики з повнопрофільною конічною різьбою. Такі мітчики відносно прості у виготовленні, забезпечують невеликі сили деформації у порівнянні з циліндричною формою. Але вони відрізняються інтенсивним зростанням навантаження на кожен наступний зуб мітчика внаслідок різкого зростання площі перерізу металу, видавлюваного кожним зубом. Крім того, в місці переходу від забірного конуса до калібруючої частини видавлюючого мітчика, внаслідок підрізування шліфувальним кругом бокового профілю різьби першого калібруючого зуба, спостерігається осьове зміщення  $\Delta P$  за кроком різьб [4]. Таке зміщення приводить до неоднакової товщини шару металу, який витискається різними боковими сторонами найбільш навантажених зубів мітчика, розміщених у перехідній зоні, і виникнення згинальних навантажень, що діють на ці зуби. Це одна з причин зниженої стійкості перехідних зубів мітчика. Застосування мітчиків з криволінійною забірною частиною дозволяє більш рівномірно розподілити зміщення  $\Delta P$  між зубами забірного конуса і навантаження на зуби. Застосовують інші способи зменшення впливу зміщення  $\Delta P$  [1].

Важливими є питання щодо кількості граней мітчика, форми його поперечного перерізу, величини та форми затилування, форми закруглення вершин зубів тощо. Ці питання детально розглянуті в [1].

Одним з важливих питань при видавлюванні різьб є визначення діаметра та точності отвору під різьбу.

Застосовують два способи видавлювання різьб: мітчиками, які працюють закритим профілем, і мітчиками, які працюють відкритим профілем.

За першим способом западини витків мітчика приймають участь у формуванні вершин витків різьби гайки. При цьому необхідно забезпечити дуже точний діаметр отвору під різьбу, виникають великі навантаження на мітчик тому, що надлишковий метал може тільки частково переміщуватись у напрямку відкритих торців коротких різьб. Мітчики часто заклинюються і ламаються.

Ширше застосовують другий спосіб, коли надлишковий метал може вільно розміщуватись в межах поля допуску на внутрішній діаметр різьби. При цьому дещо знижується точність отворів під різьбу, зменшуються сили деформації та крутні моменти, підвищується стійкість мітчиків.

В [1] наведено ряд різних формул для визначення діаметра отвору  $D_o$  під різьбу, за якими для одних і тих же умов розміри  $D_o$  можуть коливатись в межах 0,64 мм [4], що недопустимо. Тобто необхідне уточнення щодо визначення  $D_o$ .

При визначенні  $D_o$  виходили з постійності об'єму металу при обробці тиском, що пружні та теплові деформації малі і ними можна знехтувати, що розбивання різьби незначне, а видавлювання металу на торцях крайніх витків несуттєве. При цьому вважали, що зміна кута нахилу різьби  $\omega$  на діаметрах витків  $D$ ,  $D_2$ ,  $D_1$  незначна і нею, для спрощення розрахунків, можна знехтувати. Розрахунки показують, що для різьб М3-М24 максимальна різниця між кутами підйому гвинтової лінії  $\omega$  на зовнішньому і внутрішньому діаметрах різьби не перевищує  $0^\circ 45'$ . Тому далі в розрахунках приймалось, що  $\omega = \omega_{\text{сеп}} = \omega_{D2}$ .

Для профілю метричної різьби згідно з ГОСТ 9150-81, виходячи з рівності об'ємів витісненого металу западин і вершин різьби та з видавлювання різьби відкритим профілем, отримали:

$$D_{o\min} = \frac{-(D^2 - D_1^2) \pm \sqrt{(D^2 - D_1^2)^2 - 4(1,3P + D - D_1)(D_1^3 - D^3 - 0,866PD_1^2 - 0,433PD^2)}}{2(1,3P + D - D_1)} \quad (1)$$

Аналіз результатів розрахунків за формулою (1) показав прямо пропорційну залежність між різницею  $\Delta D = D_o - D_2$  та кроком видавлюваної різьби [4]. В результаті для практичних розрахунків замість формули (1) можна запропонувати

$$D_{o\min} = D_2 + 0,054P, \text{ мм.} \quad (2)$$

Формули (1) та (2) дозволяють визначити  $D_{0\min}$ , тобто виходячи з того, що отримаємо внутрішній діаметр різьби гайки  $D_I$  мінімальний в межах поля допуску для ковзної  $H$  посадки.

При розробці технологічних процесів видавлювання різьб, крім визначення діаметрів отворів під різьбу, важливим є проектування мітчиків, особливо їх забірного конуса. Деякі питання проектування видавлюючих мітчиків розглянуті в [1, 2].

Визначення діаметра отвору  $D_o$  під різьбу дозволяє розрахувати основні розміри видавлюючого мітчика, площі перерізів та об'єм витискуваного металу, навантаження на зуби мітчика тощо.

Мінімальний діаметр забірного конуса мітчика  $d_{3\min}$  повинен бути дещо меншим від  $D_o$ . Крім того, необхідно конструктивно до мінімальної довжини забірного конуса додати 1-2 витки різьби щоб забезпечити добре центрування та направлення мітчика в отворі. В практиці часто приймають, що  $d_{3\min} = D_I$ . Тоді довжина забірного конуса мітчика буде

$$l_3 = (d - d_1) / 2 \operatorname{tg} \phi. \quad (3)$$

Але мінімальна довжина забірного конуса мітчика (ГОСТ 9150-81)

$$l_{3\min} = (D - D_o) / 2 \operatorname{tg} \phi = (d - D_o) / 2 \operatorname{tg} \phi. \quad (4)$$

Далі усі розрахунки будемо виконувати виходячи з мінімальної довжини забірного конуса, позначаючи її як  $l_3$ .

У формулі (4) вплив кроку різьби  $P$  на довжину забірного конуса  $l_3$  враховується в скритій формі через діаметри. З графіків на рис.1, побудованих для різьб з крупним кроком, виходить, що зі збільшенням кроку різьби  $P$  довжина  $l_3$  зростає прямо пропорційно, але інтенсивність цього зростання зменшується зі збільшенням кута  $\phi$ . Якщо для  $\phi=3^\circ$  зі збільшенням  $P$  від 0,5 до 3,0 мм (у 6 разів)  $l_3$  зростає  $\sim$  в 6 разів, то для  $\phi=20^\circ$   $l_3$  зростає теж  $\sim$  в 6 разів. Але в першому випадку  $l_3$  збільшується на 14,24 мм, а в другому – тільки на 2,05 мм, тобто в 7 разів повільніше. З достатньою точністю можна прийняти, що  $l_3 = kP$ , де коефіцієнт  $k$  для різних кутів  $\phi$  приймає такі значення

$\phi$ , град	3	5	10	15	20
$k$	5,68	3,40	1,69	1,11	0,82

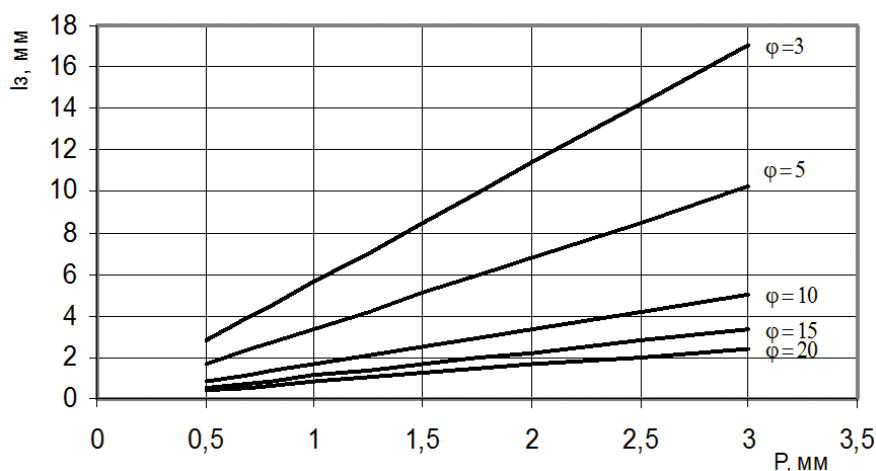


Рис. 1. Залежність мінімальної довжини забірного конуса видавлюючого мітчика  $l_3$  від кроку різьби

Розрахункова кількість деформуючих зубів мітчика

$$z = l_3 n / P = (d - D_o) n / 2 P \operatorname{tg} \phi, \quad (5)$$

де  $n$  – кількість граней мітчика, яка найчастіше приймається рівною 3-4 для дрібних різьб і рівною 6-8 для різьб великого діаметра.

Кут  $\phi$  може змінюватись в межах  $1-20^\circ$ , але найчастіше він дорівнює  $5-10^\circ$ . Видавлювання різьби виконується одним мітчиком. Для наскрізних отворів приймають довжину забірного конуса в межах 4-6 витків, а для глухих отворів – 2-3 витки. Найкращі результати, у залежності від кроку різьби, властивостей матеріалу, застосовуваної МОР та інших факторів, отримують мітчиками, які мають 8-28 деформуючих зубів на забірному конусі. Розрахункова кількість деформуючих зубів за формулою (5) показує, що для різних кроків  $P$  вона однакова, але суттєво залежить від кута  $\phi$ . Зі зменшенням кута  $\phi$  кількість зубів  $z$  різко зростає (рис.2).

Застосування вище розглянутих формул та графіків дозволяє спроектувати забірний конус мітчика та визначити кількість деформуючих зубів. При проектуванні мітчиків важливим є визначення навантаження на кожен зуб, яке залежить від об'єму видавлюваного металу. Можна показати [5], що товщина шару металу  $h$ , витискуваного кожним зубом у напрямі, перпендикулярному до осі отвору (рис.3)

$$h' = P \operatorname{tg} \phi / n, \quad (6)$$

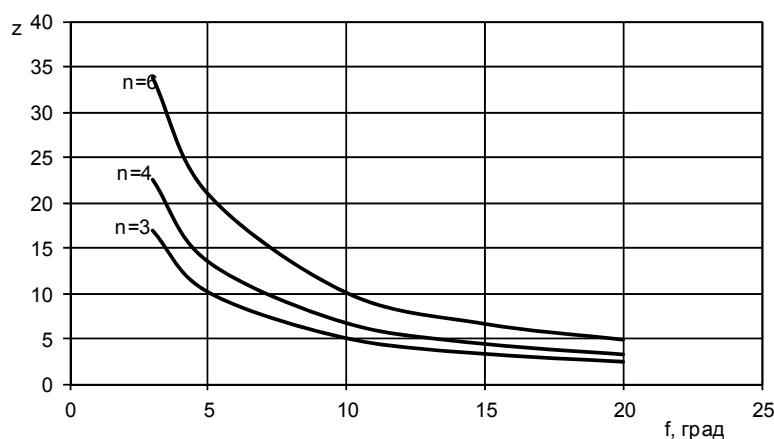


Рис. 2. Залежність кількості зубів  $z$  мітчика на забірному конусі від кута  $\phi$

а товщина шару металу  $b$ , витискуваного кожним зубом у напрямі, перпендикулярному до бокового профілю витка,

$$b = h' / 2 = P \operatorname{tg} \phi / 2n. \quad (7)$$

При цьому для усіх зубів  $h'_1 = h'_2 = \dots = h'_z$  та  $b_1 = b_2 = \dots = b_z$ .

З рис.4 видно, що зі зростанням кроку  $P$  товщина витискуваного шару металу зростає прямо пропорційно і тим інтенсивніше, чим більший кут  $\phi$ . В досліджуваних межах можна записати, що

$$b_{\max} = k' P, \quad (8)$$

де коефіцієнт  $k'$  для різних значень кута  $\phi$

$\phi$ , град	3	5	10	15	20
$k'$	0,009	0,015	0,029	0,045	0,061

При зростанні кута  $\phi$  від  $3^\circ$  до  $20^\circ$  товщина видавлюваного шару збільшується приблизно в 7 разів, а при зростанні кроку  $P$  з 0,5 до 3,0 мм – в 6 разів. З рис.4 можна записати, що  $k' = 0,003 \phi$ . Тоді формула (8) приймає вид

$$b_{\max} = 0,003 \phi^0 P, \text{ мм}. \quad (9)$$

Повна довжина ліній контакту профілю зуба видавлюючого мітчика з заготовкою зростає від зуба до зуба. Вона складається з довжини профілю заглиблення зуба в заготовку  $l$  та довжини контакту зуба з витісненим матеріалом (показано штрихами, рис.3), величину якого важко визначити тому, що метал не тільки нерівномірно витискається уздовж бокових сторін профілю зуба, а також видавлюється попереду зуба (хвиля металу).

Можна показати, що розрахункова довжина профілю заглиблення  $i$ -го зуба в заготовку визначається для метричних різьб

$$l = P / 8 + 2i P \operatorname{tg} \phi / n \cos \alpha / 2 = P / 8 + 2,308i P \operatorname{tg} \phi / n, \quad (10)$$

де  $i$  – порядковий номер зуба.

Але для визначення навантажень, що діють на кожен зуб, краще розрахувати площу поперечного перерізу

$S_i$  та об'єм  $V_i$  частини витка, витискуваної кожним зубом.

На основі рис.3 можна показати [6], що

$$S_i = \operatorname{tg} \phi P^2 / n [0,125 + 0,577 / n (2i - 1) \operatorname{tg} \phi]. \quad (11)$$

Результати розрахунків за формулою (11) для різьби М10 показані на рис.5. З цих графіків, наприклад, видно, що для різьби М10 ( $\phi = 10^\circ$ ,  $n = 3$ ,  $z = 5$ ) площа поперечного перерізу витісненого металу зростає від 1-го до 5-го зуба  $\sim$  у 2,7 рази. Зі збільшенням кута  $\phi$  зменшується кількість зубів забірною конуса і, відповідно, зростає площа перерізу, витісненого кожним зубом. Кінці графіків можуть бути окреслені гіперболою. Очевидно, що площа, обмежена будь-якою точкою цієї гіперболи, в певному масштабі приблизно дорівнює сумарній площі перерізів, витіснених усіма зубами забірною конуса.

У таблиці представлена сумарна площа поперечних перерізів  $\sum S_i$ , витіснених усіма зубами для різних різьб, яку можна визначити за формулою

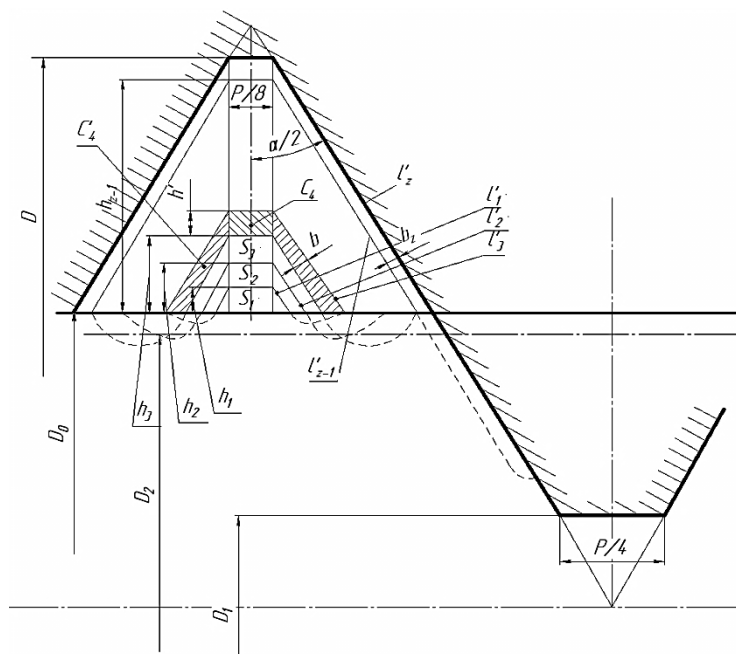
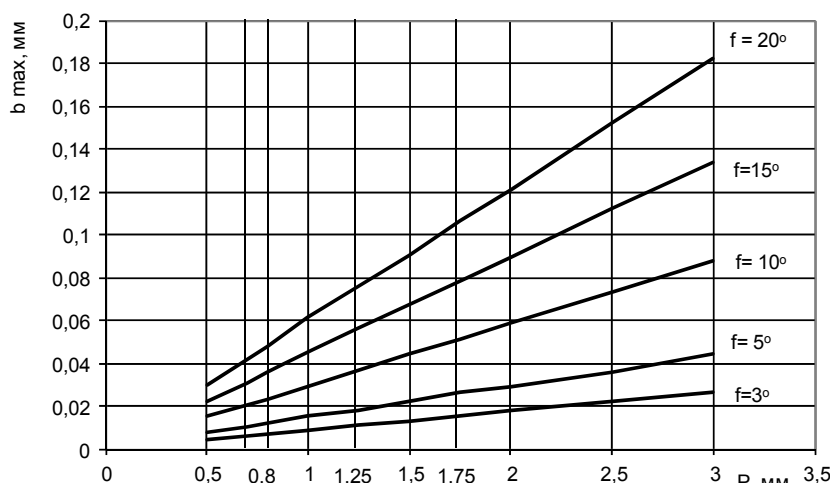
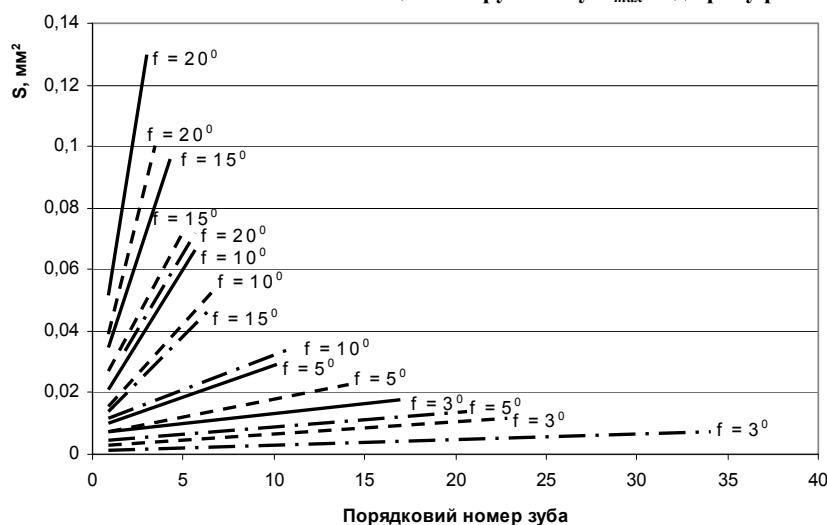


Рис. 3. Схема для визначення довжини ліній контакту, площ перерізів та об'ємів видавлюваного матеріалу

Рис. 4. Залежність максимальної товщини шару металу  $b_{max}$  від кроку різьби  $P$ Рис. 5. Графіки залежності площі  $S$  поперечного перерізу витка, видавленої кожним зубом забірного конуса, для різьби M10): —  $n=3$ ; - - -  $n=4$ ; — · —  $n=6$ 

$$\sum_{i=1}^z S_i = (D - D_0) / 4 [0,577(D - D_0) + P / 4], \text{мм}^2. \quad (12)$$

Таблиця

Сумарна площа поперечних перерізів  $\sum S_i$  однієї западини, витіснених усіма зубами видавлюючого мітчика

Різьба	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24
$D_0, \text{мм}$	2,705	3,587	4,527	5,410	7,260	9,111	10,96	14,81	18,51	22,21
$P, \text{мм}$	0,5	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3
$\sum S_i, \text{мм}^2$	0,022	0,043	0,056	0,087	0,137	0,197	0,269	0,354	0,552	0,796

З рис.6 видно, що зі збільшенням кроку різьби інтенсивність зростання  $\sum S_i$  підвищується.

Відповідно до зміни площі поперечного перерізу витка, витискуваного кожним зубом, змінюється і об'єм видавлюваного металу. Можна показати [6], що об'єм металу, видавлюваного  $i$ -им зубом мітчика за один оберт,

$$V_i = \pi \cos \omega \left\{ S'_i \left[ D_0 + (2i - 1)h' \right] + 2S''_i (d_0 + ih') \right\}, \quad (13)$$

де  $S'_i$  та  $h'$  — площа і висота прямокутної частини заштрихованого перерізу (рис.3);

$S''_i$  — площа трапецевидної частини заштрихованого перерізу.

З рис. 7 видно, що об'єм металу, витісненого кожним наступним зубом мітчика, зростає прямо пропорційно від зуба до зуба. Наприклад, для мітчика M10 перший зуб витискає за об'ємом металу  $\sim$  в 2,8 разу менше ніж останній п'ятий. Тобто, найбільшу роботу виконує останній деформуючий зуб мітчика, що, разом з дією на нього згинаючих зусиль від зміщення кроку [4] в цьому місці, приводить до того, що найчастіше викирковуються та найбільше зношуються останні зуби забірної конуса мітчика.

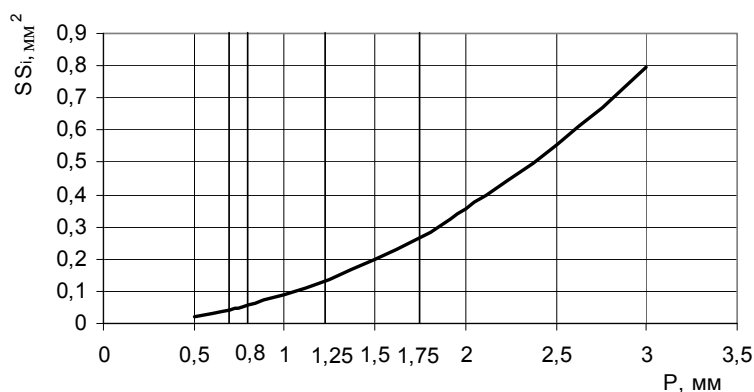


Рис. 6. Залежність площі поперечного перерізу витісненого металу від кроку різьби

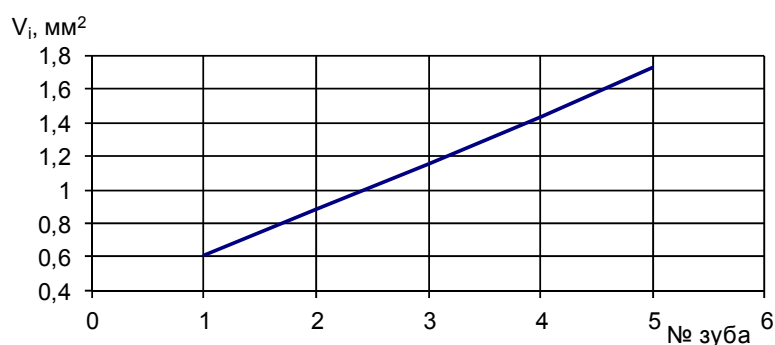


Рис. 7. Залежність об'єму металу, витісненого кожним зубом мітчика, від порядкового номера зуба для різьби M10 ( $\varphi=10^\circ$ ,  $n=3$ ,  $z=5$ )

прийнятих допущень та прирівнюючи зміну об'єму витісненого металу зі зміною об'єму металу, яку допускає коливання  $D_1$  в межах поля допуску, отримано для метричних різьб кубічне рівняння в канонічній формі:

$$\Delta D_o^3 - \Delta D_o^2 (0,433P - 4D_o + 2D_1) - \Delta D_o (0,866D_o + 4DD_o - 4D_o^2) + (D_{1\max}^2 - D_{1\min}^2) (0,866P + D_{1\max} - D_{1\min}) = 0, \quad (15)$$

де:  $P$  – крок різьби,  $D$  – номінальний діаметр різьби,  $D_1$  – внутрішній діаметр різьби,  $D_0$  – розрахунковий (мінімальний) діаметр отвору під різьбу.

Розрахунки за формулою (15) дозволили отримати величину полів допуску на діаметр отвору  $\Delta D_0$  для різьб з крупним кроком ступенів точності 4H, 6H, 8H (рис. 6).

Для порівняння на графіку нанесені поля допусків отворів для квалітетів H9, H10, H11 та H12. Аналіз результатів досліджень показує, що розрахункові значення допуску на діаметр отвору під різьбу  $\Delta D_0$  зростає зі збільшенням діаметра (та кроку) різьби, причому тим інтенсивніше, чим нижча точність різьби. Однак при збільшенні діаметра різьби з 3 до 24 мм (крок різьби зростає від 0,5 до 3 мм)  $\Delta D_0$  збільшується для різьб усіх ступенів точності ~ в 3,4 рази.

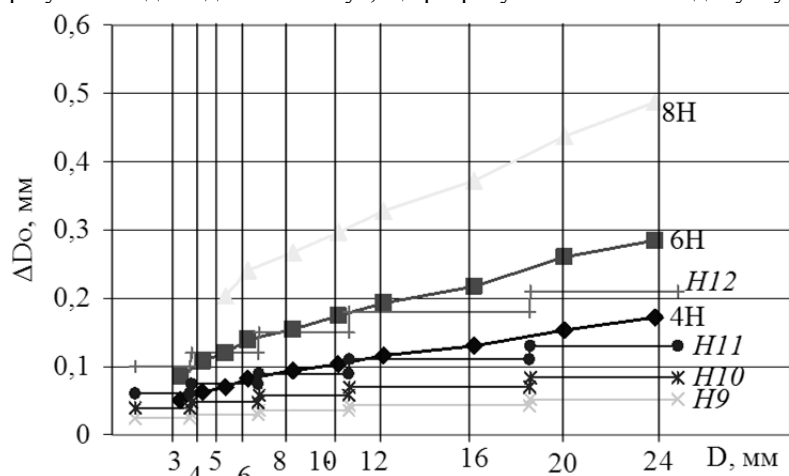


Рис. 8. Залежність допуску  $\Delta D_0$  на діаметр отвору під різьбу з зовнішнім діаметром  $D$  від ступеня точності різьби

Порівняння зростання площі поперечного перерізу і об'єму металу, витісненого одним зубом, показує, що вони збільшуються майже однаково. Деяка різниця в цьому зростанні викликана зміною положень центрів ваги  $C$  та  $C'$  (рис.3), а, відповідно, і діаметрів  $D'_i$  та  $D''_i$ , що впливає на  $S'_i$  і на  $S''_i$  та на  $V_i$ . Тому з достатньою точністю, для спрощення розрахунків, нерівномірність навантаження на кожен зуб забірною конуса можна визначати за зміною площ поперечних перерізів  $S_i$ .

При видавлюванні різьби необхідно знати не тільки мінімальний діаметр отвору під різьбу  $D_{o\min}$ , але і максимальний  $D_{o\max}$ , а, точніше, поле допуску  $\Delta D_o$  на діаметр отвору під різьбу

$$\Delta D_o = D_{o\max} - D_{o\min}. \quad (14)$$

При визначенні поля допуску  $\Delta D_o$  на отвори під різьбу виходили з того, що розбивання, пружні та теплові деформації різьби незначні, об'єм металу постійний, а видавлювання металу на торцях крайніх витків несуттєве. Розрахунки виконувались для граничних умов видавлювання різьб за ГОСТ 9150-81 мітчиками закритого профілю.

Очевидно, що  $\Delta D_o$ , в основному, залежить від величини допуску на внутрішній діаметр різьби  $D_1$ . Виходячи з

збільшенням діаметра (та кроку) різьби, причому тим інтенсивніше, чим нижча точність різьби. Однак при збільшенні діаметра різьби з 3 до 24 мм (крок різьби зростає від 0,5 до 3 мм)  $\Delta D_0$  збільшується для різьб усіх ступенів точності ~ в 3,4 рази.

З рис.8 видно, що для отримання різьб 4H ступеня точності необхідно оброблювати отвори за ~ H11 квалітетом для різних діаметрів різьби; для 6H ступеня точності – за ~ H12 квалітетом; для 8H ступеня – з меншою точністю. Проте розрахункові значення  $\Delta D_0$  не враховують неспівпадання центрів групування діаметрів мітчиків з серединами полів допусків на отвори, знос мітчиків у

процесі роботи тощо, які на практиці завжди присутні, тому фактичні допуски на отвори під видавлювання різьби необхідно зменшувати в  $\sim 2$  рази.

### Висновки

Наведені порівняльні характеристики виготовлення внутрішніх різьб різальними та видавлюючими мітчиками. Розроблені рекомендації щодо конструювання деформуючої частини видавлюючих мітчиків. Виведені формули для визначення діаметра отвору під видавлювання різьби, для визначення довжини ліній контакту робочих кромок мітчика з заготовкою, площі поперечних перерізів та об'ємів металу, видавлюваних кожним зубом мітчика. Отримані залежності для визначення поля допуску отворів під видавлювання різьб. Розроблені відповідні рекомендації.

**Аннотация.** Приведены результаты исследований процессов изготовления внутренних резьб диаметрами до 30 мм при помощи выдавливающих метчиков, указаны обрабатываемые материалы, особенности формирования профиля резьбы, достоинства и недостатки процесса, приведена новая формула для определения диаметра отверстия под выдавливание резьбы, приведены основные параметры для проектирования метчиков, формулы для определения длины линий контакта, площадей сечений и объемов выдавливаемого материала, получены зависимости для определения точности отверстий под выдавливание резьб, разработаны необходимые рекомендации. Рис.8, табл.1.

**Ключевые слова:** внутренняя резьба, выдавливающий метчик, заборный конус, диаметр, шаг, длина, площадь, объем

**Abstract.** The article deals with processing of internal threads with a large step and diameter up to 30 mm. The comparative characteristics of cutting internal threads and squeezing by taps as well as their advantages and disadvantages are shown. The recommendations on designing inlet cone of squeezing taps. New equations for determination of diameter of a hole for squeezing a tap are obtained. The process of the gradual developing the depression of a thread is considered and an uneven load on each tooth of intaking cone of the tap is shown. The dependences for determination of the thickness of the extruded metal layer from the thread pitch are obtained. Influence of different factors on the length of the lines of the contact areas of cross-sections and volumes of extruded material, from which the load on the teeth of the tap, its stability and the quality of the threads depend essentially. A formula for determining the accuracy of holes under the extrusion threads is obtained and the relevant recommendations are developed. Tab.1. Fig.8. Lit.6.

**Keywords:** internal thread, squeezing tap, inlet cone, diameter, step, long, square, volume

### Бібліографічний список використаної літератури

1. Меньшаков В.М., Урлапов Г.П., Середа В.С. Бесстружечные метчики. - М.:Машиностроение, 1976.-167 с.
2. Рыжов Э.В., Андрейчиков О.С., Стешков А.Е. Раскатывание резьб. - М.: Машиностроение, 1974.-120 с.
3. Гурин Ф.В., Моисеев Н.А., Якухин В.Г. Накатывание внутренних резьб в цветных сплавах: сб. "Исследования в области технологии образования наружных и внутренних резьб, резьбообразующих инструментов, станков и методов контроля резьб". - Тула: ТПИ, 1974. - С.155-161.
4. Добрянський С.С. Видавлювання внутрішніх різьб. Materialy VIII mezinárodní vědecko-praktická konference "Věda a technologie: krok do budoucnosti-2012". - Praha: Publishing House "Education and Science" s.r.o., 2012. Ст.5-9.
5. Добрянський С.С. Проектування видавлюючих мітчиків. Materialy VIII międzynarodowej naukowi-praktycznej konferencji "Wykształcenie i nauka bez granic-2012". Volume 35. Techniczne nauki.: Przemysł. Nauka i studia. Ст. 14-18.
6. Добрянський С.С. Точність отворів та об'єм металу при видавлюванні внутрішніх різьб. Матеріали за 9-а міжнародна научна практична конференція, «Найновітні научні постиження»,-2013. Том 22. Знання і архітектура. Технології.- Софія. «Бял-ГРАД-БГ» ООД. Ст.79-85.

### References

1. Men'shakov V.M., Uralpov G.P., Sereda V.S. Besstruzhechnye metchiki. [Chipless taps]. Moscow.: Mashinostroenie, 1976, 167p.
2. Ryzhov E.V., Andrejchikov O.S., Steshkov A.E. Raskatyvanie rez'b. [Thread rolling]. Moscow.: Mashinostroenie, 1974, 120p.
3. Gurin F.V., Moiseev N.A., Yakuhin V.G. Nakatyvanie vnutrennih rez'b v cvetny'h splavah: sb."Issledovaniya v oblasti texnologii obrazovaniya naruzhny'h i vnutrennih rez'b, rez'boobrazuyushhih instrumentov, stankov i metodov kontrolya rez'b". Tula: TPI, 1974. P.155-161.
4. Dobryans'kij S.S. Vidavlyuvannya vnutrishnih riz'b. Materialy VIII mezinárodní vědecko-praktická konference "Věda a technologie: krok do budoucnosti-2012". Praha: Publishing House "Education and Science" s.r.o., 2012. P.5-9.
5. Dobryans'kij S.S. Proektuvannya vidavlyuyuchih mitchikiv. Materialy VIII międzynarodowej naukowi-praktycznej konferencji "Wykształcenie i nauka bez granic-2012". Volume 35. Techniczne nauki.: Przemysł. Nauka i studia. P.14-18.
6. Dobryans'kij S.S. Tochnist' otvoriv ta ob'em metalu pri vidavlyuvanni vnutrishnih riz'b. Materiali za 9-a mezhduнародna naučna praktična konferenciya, «Najnovite nauchni postizheniya», 2013. Tom 22. Znanie i arhitektura. Tehnologii. Sofiya. «Byal-GRAD-BG» OOD. P.79-85.

Подана до редакції 13.11.2013